Diseño de un seccionador con cánula de aspiración para una microaspiradora de extracción de tumores cerebrales

José Velasco[*,a], David Ojeda[b], Mariana Hurtado[b], Rafael Chacón[c]

[a]*Departamento de Dibujo, Estudios Básicos, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela*
[b]*Departamento de Diseño Mecánico y Automatización, Escuela de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela*
[c]*Unidad de Neurocirugía, Hospital Militar "Coronel Elbano Paredes Vivas" Maracay, Venezuela*

Resumen.-

Los neurocirujanos se han visto en condiciones desfavorables para una intervención quirúrgica exitosa, debido a la compleja estructura que presenta el cerebro, a los riesgos que implica la realización de una operación y a la dificultad para la extracción total de la masa tumoral. Generalmente los pacientes con tumores cerebrales sufren las consecuencias post operatorias, ya que en la mayoría de los casos sólo logra extraerse entre un 20 % y 40 % de la masa tumoral. Tales resultados, motivan la realización de este proyecto; creando un dispositivo que permita extraer un mayor porcentaje de la masa tumoral, sin ocasionar un trauma adicional al paciente. Las pruebas del dispositivo se realizaron en un cadáver animal, en tejidos de diferentes densidades, cerebro, hígado y riñón; obteniendo como resultado una disminución del tiempo de operación cercano al 50 %, concluyendo que el dispositivo es apropiado para el tratamiento de tumores infiltrativos.

Palabras clave: Micro aspiradora, Tumor, Cerebro

Desing of a drill with vacuum tube for extraction brain tumar mass

Abstract.-

Neurosurgeons have seen themselves in unfavorable conditions while trying to perform successful brain tumor surgeries due to the complexity of the brain structure, the risks associated to brain surgery and the difficulty in extracting the entire tumor. Many brain tumor patients undergoing surgery have poor outcomes since, in most cases, only 20 % to 40 % of the tumor is removed. These results lead to the design of a device that allows extracting more than this percentage of the tumor without causing an additional trauma to the patient. The device was tested on animal corpses, tissues of different densities, such as brain, liver and kidney tissues. Optimal neurosurgeon satisfaction was observed. The results show that the device is appropriate for infiltrative tumors, thus reducing surgery duration to near 50 %.

Keywords: Vacuum, Tumor, Brain

Recibido: Octubre 2014
Aceptado: Diciembre 2014.

1. Introducción

El cerebro presenta una gran complejidad con respecto a su estructura, implicando así riesgos en la realización de una intervención quirúrgica para extraer tumores ubicados en el mismo [1, 2]; lo que complica al neurocirujano la total extracción de la masa tumoral [3]. Esto conlleva a que generalmente los pacientes con tumores cerebrales sufren las consecuencias post-operatorias, debido a que en la mayoría de los casos se logra extraer entre 20 y 40 % del tejido tumoral; el diseñó de la microaspiradora para extraer tumores cerebrales

[*]Autor para correspondencia
Correo-e: jvelasco@uc.edu.ve (José Velasco)

de Ojeda y colaboradores [4] en la Universidad de Carabobo, este microaspirador durante las pruebas experimentales demostró un rendimiento óptimo y un completo control al succionar cerebro e hígado de res, pudiéndose reducir en un 50 % y 20 % el tiempo de operación respectivamente (según la opinión del neurocirujano); como caso contrario al ser probado con la contextura del riñón, se observó una lentitud significativa en el proceso de succión, con lo cual se comprobó que para extraer tumores con consistencia parecida al cartílago de pollo este instrumento no es recomendable. Esta última referencia nos llevó como punto de partida al diseño del seccionador con cánula de succión para una microaspiradora de extracción de tumores cerebrales. Con el desarrollo de este proyecto se logra extraer la mayor cantidad de tumor cerebral y de esta manera mejorar el nivel de vida del paciente. Se desarrolló el diseño para dos tipos de herramientas de corte, basándose en la premisa de que era necesario desbastar o seccionar dos tipos de tumores cerebrales (tejidos), obteniéndose así un seccionador para tejidos duros y otro para tejidos blandos. Por otro lado, se han diseñado mediante el uso de las técnicas de vacío y mecánica de los fluidos, cuatro (4) cánulas de aspiración las cuales constan de una pequeña boquilla metálica que estará en contacto directo con el paciente. Adicionalmente se realizó un análisis de factibilidad técnica y económica obteniéndose que la solución definitiva es viable para su implementación en el país.

2. Especificación de la solución

El seccionador con cánula de aspiración se coloca en el dispositivo para trabajar y/o con el uso de un marco estereotáxico (Véase la Figura 1). Es necesario indicar que la solución cuenta con un mango para garantizar la ergonomía en la manipulación del dispositivo y con los elementos necesarios que garantizan la succión del tejido tumoral.

En la Figura 2, se muestra un esquema del conjunto armado del diseño, siendo lo más relevante para este trabajo de investigación el sistema de aspiración (cánulas) y el seccionador que cortara o destruirá el tumor cerebral.

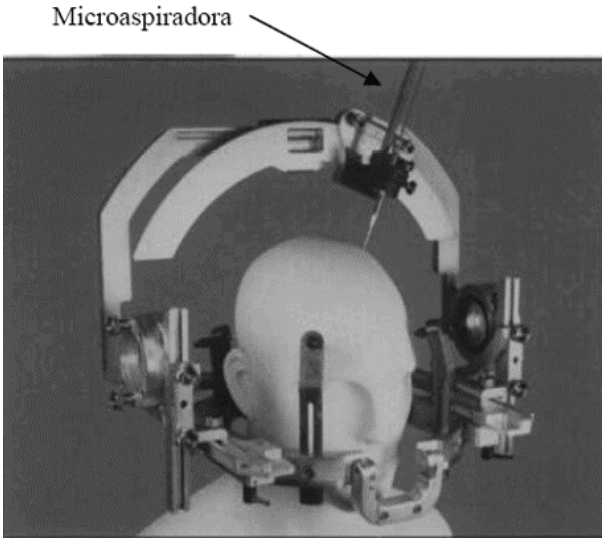

Figura 1: Ubicación de la microaspiradora en el marco estereotáxico.

El sistema de las Figuras 3 y 3 muestra a un conjunto con agarre tipo lápiz (14). La succión es generada por el flujo motriz (aire comprimido) que proviene del compresor (1) (véase Figura 2), el cual toma aire del medio ambiente; este caudal o aire comprimido pasa a través de un filtro regulador (2) el cual purifica y regula la presión del mismo, el aire comprimido se transporta al carro móvil (16) mediante la tubería principal (3) que es conectada una válvula reguladora de caudal tipo aguja (encontrada en 16), luego del que el aire es regulado fluye por la tubería flexible (4) y es controlado por un pedal (5) que actúa como una válvula ON – OFF dirigiéndose así por la tubería flexible (6) a la conexión de aire comprimido del eyector que se encuentra en (16).

La cánula de succión consta de dos partes: un capuchón (9) que oculta al seccionador (10) parcialmente y el cual va adaptado al forro o funda (12) del seccionador por medio de un apriete por rosca (11). La otra parte de la cánula es conformada por una manguera (tubo flexible) o línea de succión (7) es conectada al capuchón (9) mediante un conector boquilla – cánula (8) y a través de un racor al punto de vacío del eyector (ubicado en 16), que lleva los restos de masa tumoral seccionados al recipiente de descarga

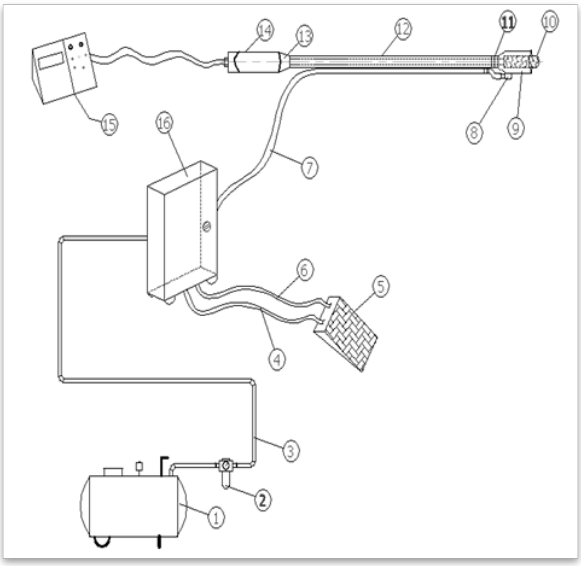

Figura 2: Esquema del conjunto armado del diseño.

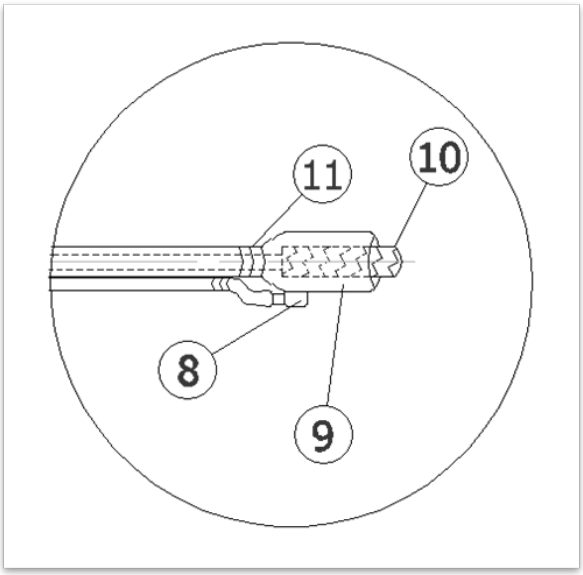

Figura 3: Detalle de la boquilla de la cánula.

ubicado en el equipo móvil (16). El ajuste del forro al conjunto micromotor – pieza de mano (14) se hace mediante un acople por rosca (13).

El accionamiento del seccionador (10) se lleva a cabo por el encendido del micromotor (14) mediante el accionamiento (manual o por pedal) o programación del módulo o fuente de alimentación (15).

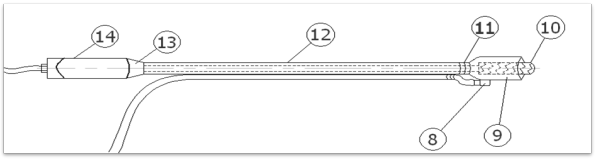

Figura 4: Vista del conjunto seccionador – sistema de aspiración (Boquilla – Cánula).

3. Características del dispositivo

3.1. Descripción del equipo

Como se detalla en el diseño de Ojeda y colaboradoes [4], el sistema está conformado por un eyector de aire, en virtud de ser el encargado de la creación de condición de vacío, la cual permitirá la succión de la masa tumoral y sangre, este se integra a un compresor para generar vació, y otros componentes que se detallan el trabajo antes indicado, en esta investigación se diseñó el seccionador con cánula de aspiración, la cual se integra al diseño del microaspirador y demás componentes como se indica en las Tablas 1 y 2.

3.2. Eyector de Aire

El eyector de aire ya diseñado de Ojeda y colaboradoes [4] y realizados los cálculos respectivos siguiendo los procedimientos establecidos por Hansen [5] y Martínez [6], se muestran en las Figuras 5, 6 y 7 las especificaciones del dispositivo.

3.3. Especificaciones del compresor

Se selecciona un compresor Atlas Copco [7], de la serie LE-N, diseñado para una presión máxima de trabajo de 10 Bar (145 psig). Se establece en una presión de trabajo de 80 psig, ya que el dispositivo cuenta con un filtro de aspiración y válvula de no-retorno. Por ser un equipo quirúrgico, el aire de servicio debe estar exento de aceite y además se encontrará el compresor fuera del área quirúrgica, para evitar el ruido. Por esta

Tabla 1: Lista de elementos que conforman el diseño.

N° Pieza	Nombre de la Pieza	Cant.
1	Compresor	1
2	Filtro regulador	1
3, 4 y 6	Tubería principal de distribución de aire comprimido	1
5	Pedal para el control del flujo	1
7	Cánula de aspiración (manguera)	4
8	Conector de acople boquilla – cánula	4
9	Boquilla de la cánula	4
10	Seccionador	2
11	Anillo roscado para acople boquilla – forro del seccionador	4
12	Forro del seccionador	2
13	Adaptador forro – pieza de mano	1
14	Micromotor eléctrico y Pieza de mano odontológica	1
15	Unidad de control	1
16	Carro móvil	1
17	Conexiones	13

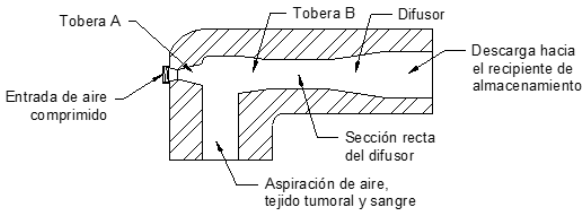

Figura 5: Características del eyector.

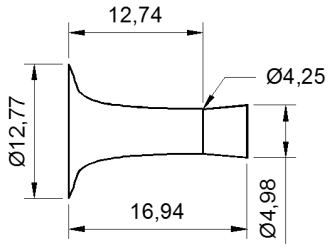

Figura 6: Dimensiones del eyector.

Tabla 2: Elementos en el carro móvil.

Elemento	Cantidad
Eyector	1
Válvula reguladora de caudal	1
Recipiente de descarga	1
Manguera de descarga	1

razón se selecciona un compresor alternativo, no lubricado.

3.4. Tubería principal de aire comprimido

Esta tubería parte del compresor, y transporta el flujo de aire comprimido (flujo motriz) al eyector para la generación del vacío requerido en la extracción de los restos tumorales. Esta manguera (Poliuretano) fue seleccionada tomando en consideración las mínimas caídas de presión; por lo tanto, los datos técnicos son los siguientes:

- Código: 95C9X12 AZ.
- Modelo: MPU12.
- Diámetro interno: 9 mm.
- Diámetro externo: 12 mm.
- Grado de flexibilidad – radio de curvatura: 50 mm.
- Presión de rotura: 29 bar.
- Presión de trabajo: 10 bar (45 psig).
- Temperatura máxima de trabajo: 40°C a 60°C.
- Longitud: 10 m.
- Peso: 58 g/m.

3.5. Válvula de accionamiento manual (Pedal)

La válvula con mando a pedal METAL WORK, de la serie PEV seleccionada para esta aplicación tiene las siguientes características técnicas:

- Código: W3120000011.
- Modelo: PEV 35 PEB PR.
- Pedal: 5/2 vías, Biestable con protección.
- Conexión de la rosca: G $\frac{1}{4}$.
- Presión de trabajo: 2,5 – 10 bar (36 – 145 psi).
- Temperatura de trabajo: –10°C a 60°C.
- Diámetro nominal: 7,5 mm
- Caudal @ 6,3 bar 394P = 0,5 bar: 640 Nl/min.

3.6. Cánula de aspiración

Conformada en dos partes y clasificadas por arreglos, la cánula de aspiración es la que se hace cargo de la extracción de los restos tumorales.

La primera parte de la cánula (la mayoría de ella) es una manguera (tubing) de fluoropolimero

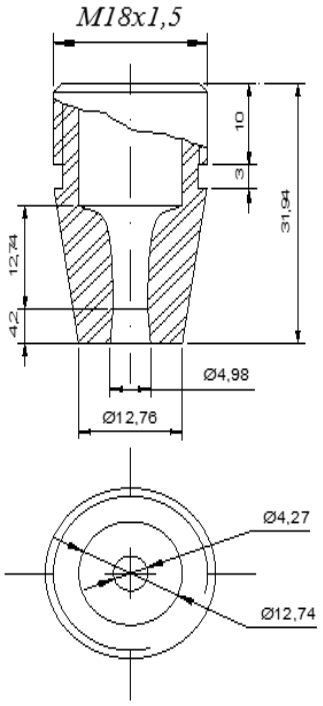

Figura 7: Tobera convergente-divergente.

PFA o FEP, según la selección hecha dependiendo de la disponibilidad de la dimensiones del mercado. La segunda parte (sección muy pequeña) es un pedazo de tubing (microtubería) de acero inoxidable AISI 316.

Para este dispositivo se tiene dos (02) arreglos:
Arreglo # 1:

- Longitud total de la cánula: 1,72 m.
- Rango de operación: Hasta un 20 % del caudal máximo de aspiración del eyector (20 % Qasp).

Arreglo # 2:

- Longitud total de la cánula: 1,65 m.
- Rango de operación: Hasta un 60 % del caudal máximo de aspiración del eyector (60 % Qasp).

3.7. Mangueras para la extracción de restos tumorales

Estas son las encargadas del transporte o extracción de los restos tumorales hacia el recipiente de descarga. En un extremo van conectadas a las boquillas mediante un conector boquilla–manguera y por el otro van conectada al eyector mediante un racor rápido.

Para cada arreglo del diseño, se seleccionaron Tubing de fluoropolimero (PFA o FEP) para aplicaciones médicas y odontológicas de la empresa Parker, estos tubing exhiben una alta claridad que los hacen ideales para el monitoreo del fluido en la aplicación deseada.

Las especificaciones técnicas para cada arreglo son las siguientes:
Arreglo # 1:

- Código: 204-0600100
- Modelo: 204-PFA Metric Tubing
- Diámetro interno: 4 mm
- Diámetro externo: 6 mm
- Espesor de pared: 1 mm
- Tamaño de orden: 6 mm
- Presión de rotura a 23°C: 110 bar (1600 psi/72°C)
- Presión de trabajo a 23°C: 22 bar (320 psig/72°F)
- Temperatura máxima de trabajo: - 75°C a 260°C
- Longitud: 2 m

Arreglo # 2:

- Código: 204-0800100
- Modelo: 204-PFA Metric Tubing
- Diámetro interno: 6 mm
- Diámetro externo: 8 mm
- Espesor de pared: 1 mm
- Tamaño de orden: 8 mm
- Presión de rotura a 23°C: 79 bar (1150 psi/72°F)
- Presión de trabajo a 23°C: 16 bar (230 psig/72°F)
- Temperatura máxima de trabajo: – 75°C a 260°C
- Longitud: 2 m

3.8. Conector boquilla–manguera (conector cánula)

Son las encargadas de hacer la conexión entre la manguera y la boquilla de la cánula. Es un conector rígido conformado en una sola pieza, diseñada y elaborada a partir de una barra maciza de Acero Inoxidable 316L (Tolerancia H9), con un diámetro 1/2" (ø 1/2") y de longitud de 6m, la Figura 8 muestra la geometría y algunas de las dimensiones del conector para el arreglo # 1.

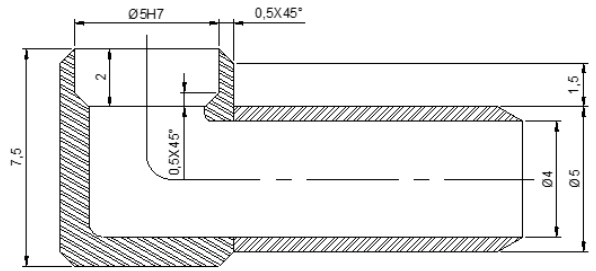

Figura 8: Conector boquilla–cánula para el arreglo # 1.

Figura 9: Dimensiones generales del seccionador para tejidos duros (medidas en mm).

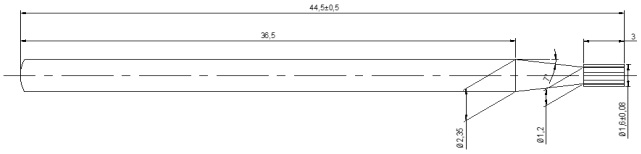

Figura 10: Dimensiones generales del seccionador para tejidos blandos (medidas en mm).

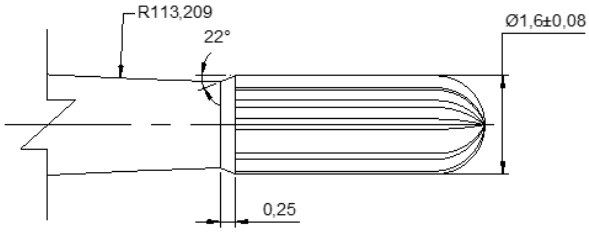

Figura 11: Dimensiones de la parte activa del seccionador (medidas en mm).

3.9. Seccionadores

En las Figuras 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16 se detallan las medidas que deben tener los seccionadores para su fabricación; sin embargo el propósito de esta investigación es seleccionar los elementos del dispositivo que sean de difícil fabricación en el país.

Por lo tanto se seleccionarán del mercado las fresas quirúrgicas (de tallo largo) de la Empresa JOTA:

- C33 HP 016 – US.No.702: Fresa quirúrgica fisurada en forma de huso, con corte transversal.
- C1 HP 016 – US.No.5: Fresa quirúrgica cabeza redonda (esférica).

3.10. Equipo de control del seccionador

El equipo es una de las partes más importantes para el conjunto armado, ya que este proveerá y controlará, el movimiento de rotación del seccionador ya sea manualmente o mediante la opción a pedal del equipo.

La selección de la unidad se realizó considerando los requerimientos de torque y potencia demandados por los seccionadores en el momento del desbaste del tumor a extirpar.

El Surgic XT Plus (unidad seleccionada, recomendada por la Casa Comercial LaDental) de la Empresa NSK, está especialmente diseñado para cubrir altas exigencias en cirugía máxilo-facial ofreciendo un torque dinámico de 50 Nxcm con 210W de gran potencia. La Avanzada Calibración de Torque (ATC por sus siglas en ingles) proporciona al Surgic XT Plus la inteligencia para proveer automáticamente la velocidad y torque máximos para cada dispositivo con un alto nivel de exactitud.

Características:

- Tablero de operación gráfica sencillo e intuitivo.
- Inteligente y avanzada calibración de torque (ATC).
- 10 opciones de programas individuales.

El set completo incluye:

- Unidad de Control con Avanzada Calibración de Torque (ATC).
- Micromotor Óptico con cable de 2 m.
- FC-51 Pedal de Control (Certificado IPX8).
- Ti-SG20L Pieza de mano óptica
- Tubos de irrigación (5 uds) y otros accesorios.

Especificaciones técnicas generales:
Modelo: Surgic XT Plus W/O (120V)
Código: Y141-246.

Unidad de control con el ATC

- Salida máxima / Torque máximo: 210W / 50 Nxcm
- Fuente de alimentación: CA120V / 50 Hz

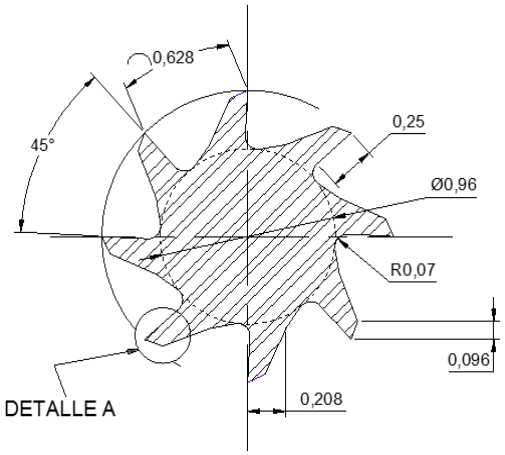

Figura 12: Corte transversal de la parte activa del seccionador (medidas en mm).

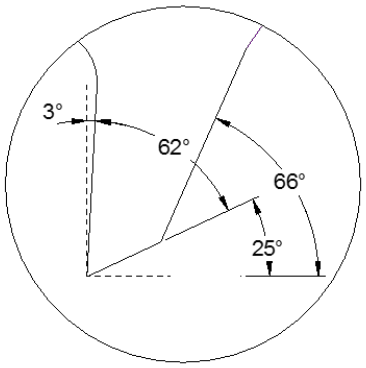

Figura 13: Detalle A del corte transversal: Ángulos de corte del diente.

- Salida máxima de la bomba: 75 ml/min
- Programas: 10
- Dimensiones: L268 X A 230 X Al 103 (mm)

Micromotor

- Modelo: SGL50M
- Código: E295-001
- Potencia: 210 W
- Torque: 50 Nxcm
- Velocidad del motor: 200 – 40.000 rpm
- Cuerpo de titanio macizo
- Autoclavable: 135°C máx.

Pedal de control (con cable de 2 m)

- Modelo: FC-51
- Código: Z272-001
- Control de velocidad: Variable

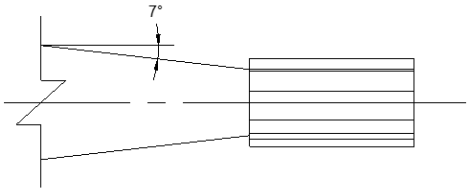

Figura 14: Parte activa del seccionador para tejidos blandos (medidas en mm).

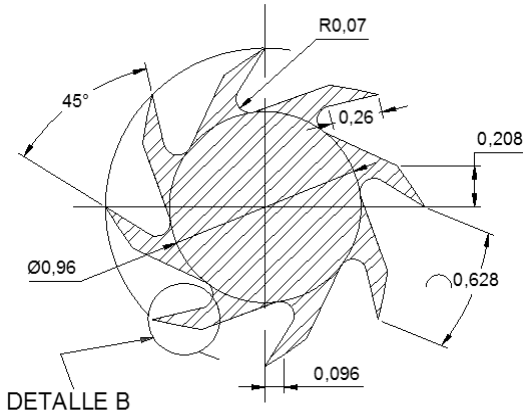

Figura 15: Corte transversal de la parte activa del seccionador (medidas en mm).

- Funciones de control de pie: Control de velocidad, Control del refrigerante, Avance/Retroceso, Control de programa.
- Norma aplicada: IPX8

Pieza de mano ISO Tipo-E: para microcirugía con ángulo de 20°

- Modelo: SGA-ES
- Código: H263
- Velocidad directa 1:1
- Para fresas quirúrgicas de ø2,35 mm
- Cabezal de tornillo
- Sistema de cabezal limpio
- Autoclavable en un máximo: 135°C

3.11. Elementos en el carro móvil

Dentro del carro móvil se encuentran el elemento de generación de vacío, control de flujo y el recipiente colector de restos tumorales; las especificaciones técnicas de estos componentes se citan a continuación.

• Eyector de vacío para transporte de materiales

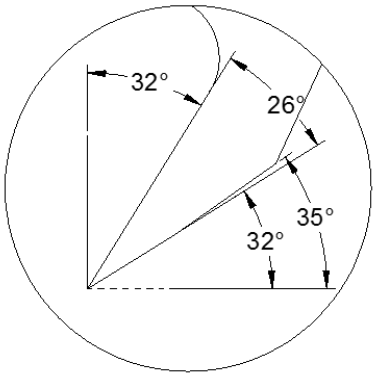

Figura 16: Detalle B del corte transversal: Ángulos de corte del diente.

La selección del eyector de vacío se realizó en el trabajo de investigación de Ojeda y colaboradores [4], por lo que si se requiere mayor información refiérase a este trabajo. Por lo tanto y de acuerdo con los parámetros obtenidos en la investigación antes mencionada se seleccionó:

Un eyector de vacío para trasferencia o traslado de materiales (tejido), como se puede observar con más claridad en el anexo E, seleccionando el dispositivo DF 2-3 debido a que este cumple con las especificaciones del diseño; el dispositivo seleccionado tiene las siguientes características [4].

- Diámetro de succión: $\frac{1}{4}$in = 6,35 mm
- Diámetro de salida: $\frac{1}{4}$in = 6,35 mm
- Presión de vacío 8inHg = 4psi = 28kPa
- Flujo de aire 10 (ft3 / min) = 2,8 l/s
- Válvula reguladora de caudal

El dispositivo necesita una válvula reguladora de flujo de aire comprimido proveniente del compresor. La regulación de la aspiración, se logra si se controla el flujo de aire que produce el vacío. La válvula de regulación de flujo de aire debe ser una válvula tipo aguja (recomendaciones de la casa DVS Neumática S.A.). Por medio del catálogo de la Distribuidora de Válvulas Solenoide S.A. (ver anexo II) donde se encuentra válvulas reguladoras de flujo, garantiza así uno de los criterios a alcanzar que es la regulación de la succión, ya que al lograr regular el flujo de aire motriz al microaspirador se controla la succión. La selección se apoya en un catálogo ofrecido por la empresa (ver anexo II), la cual tiene las siguientes especificaciones [4]:

• Válvula tipo en línea modelo número 4FC3

Para la conexión posee un diámetro de 0,127 m (1/2 in) y una capacidad de flujo 6 cv libre y 5.5 cv controlada (NUMATICS)

• Recipiente de descarga

También seleccionado en [4] sus especificaciones son las siguientes:

Rango de almacenamiento: 6 – 8 litros
Altura del recipiente: 200 mm
Diámetro: 100 mm

• Manguera de descarga

Es la que se encarga de transportar el fluido (restos tumorales + líquido de irrigación) evacuado al recipiente colector (o de descarga). La selección de esta manguera de polietileno se realizó del catálogo de la Empresa Neumática Rotonda, ofreciendo: alta resistencia a la abrasión, baja caída de presión y sin dilatación térmica. Las características técnicas de la manguera son:

- Código: TP11X14T
- Modelo: Manguera de Polietileno
- Diámetro interno: 14 mm
- Diámetro externo: 11 mm
- Espesor de pared: 1,5 mm
- Grado de flexibilidad – radio de curvatura: 80 mm
- Presión de trabajo: 8 bar
- Presión de rotura: 23 bar
- Temperatura máxima de trabajo: – 10°C a 60°C
- Peso: 54 g/m
- Longitud: 3 m

4. Factibilidad económica

Después de un análisis detallado de los costos relacionados a los elementos comerciales y manufacturados que componen el conjunto armado del seccionador–cánula (más específicamente la microaspiradora). El costo total es de 84788,00 Bs, a precios de agosto de 2014, para la construcción y armado de un solo equipo aspirador - destructor de tumores cerebrales.

De acuerdo a lo anterior y una vez analizado el conjunto armado seccionador – boquilla (microaspiradora) es tecnológicamente factible ya que, cada elemento comercial seleccionado se

encuentra en el mercado nacional. De la misma manera con los elementos manufacturados, estos pueden ser elaborados debido a que en el estado se cuenta con el taller apropiado y la mano de obra calificada para realizar las operaciones de mecanizado requeridas.

El análisis desde el punto de vista económico, una vez considerado los gastos por concepto de compra de productos comerciales, material y mano de obra en el taller correspondiente, este fue comparado con los costos comerciales. Comparación donde se evidenció que que el costo de la MICROASPIRADORA contra el CUSA EXcel (Nuevo) y el CUSA EXcel (Usado) es considerable, con respecto al primero existe una diferencia de Bs. 553.387,00 y con el segundo Bs. 97.218, 00. Por lo tanto la propuesta de la MICRO-ASPIRADORA es económicamente factible para la producción nacional con un costo aproximado de Bs. F 84788.

5. Análisis experimental

Se realizaron obtuvieron dos (2) arreglos de cánulas, que están conformadas por una pequeña boquilla y una parte plástica (manguera), las cuales arrojaron las curvas de las Figuras 17, 18 y 19.

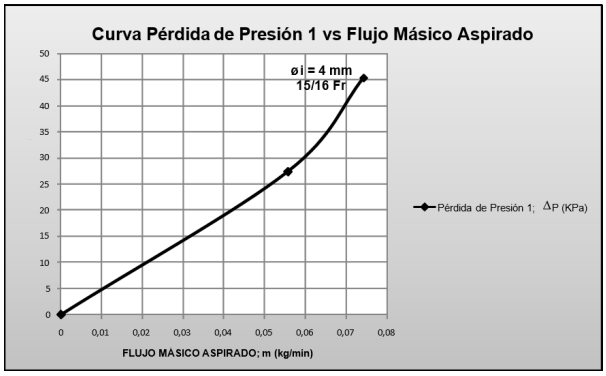
Curva Pérdida de Presión 1 vs Flujo Másico Aspirado
øi = 4 mm
15/16 Fr
Pérdida de Presión 1; ΔP (KPa)
FLUJO MÁSICO ASPIRADO; m (kg/min)

Figura 17: Curva Pérdida de presión vs Flujo másico aspirado para el arreglo # 1.

Para el arreglo # 1 (Figura 17) se obtuvo una cánula que maneja un caudal máximo de 0,0742 kg/min, alrededor del 20 % del caudal máximo que el eyector puede extraer, con una alta caída de presión máxima de 45,298 kPa; posee

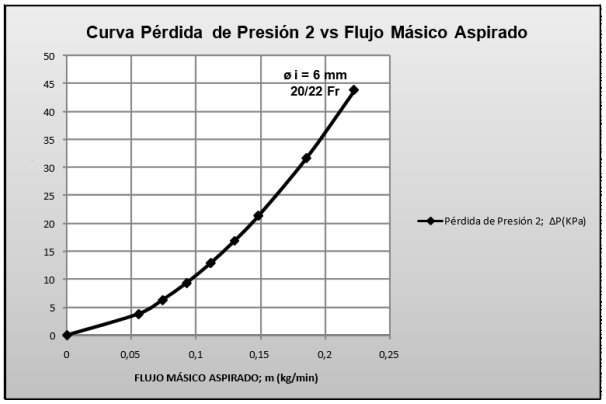
Curva Pérdida de Presión 2 vs Flujo Másico Aspirado
øi = 6 mm
20/22 Fr
Pérdida de Presión 2; ΔP(KPa)
FLUJO MÁSICO ASPIRADO; m (kg/min)

Figura 18: Curva Pérdida de presión vs Flujo másico aspirado para el arreglo # 2.

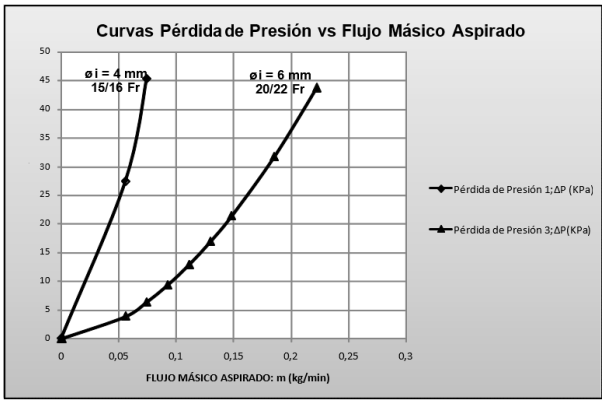
Curvas Pérdida de Presión vs Flujo Másico Aspirado
øi = 4 mm
15/16 Fr
øi = 6 mm
20/22 Fr
Pérdida de Presión 1;ΔP (KPa)
Pérdida de Presión 3;ΔP(KPa)
FLUJO MÁSICO ASPIRADO: m (kg/min)

Figura 19: Curva comparativa para Pérdida de presión vs Flujomásico aspirado.

dimensiones de 4 mm de diámetro interno lo que es un diámetro normalizado de cánulas de 15/16 Fr y una longitud total de 1,72 m. La gráfica nos refiere un comportamiento lineal hasta un flujo de 0,05565 kg/min (15 % Qasp) con caída de presión de 27,36 kPa; se puede concluir que esta cánula tiene un caudal óptimo operacional de alrededor 0.057 kg/min donde las pérdidas de presión no superan la presión de vacío (-28kPa).

Para el arreglo # 2 (ver Figura 18), se diseñó una cánula que maneja por su conducción un caudal máximo de 0,223 kg/min, alcanzando caídas de presiones máximas de 43,794 kPa. Sin embargo haciendo el análisis de la curva se deduce que el valor óptimo de funcionamiento de la cánula está en el rango de caudales de 0,05565 kg/min hasta aproximadamente 0,16 kg/min, para un

rango de pérdidas de presión de 3,839 kPa hasta 26 kPa (aprox), estos rangos permiten un buen funcionamiento del eyector, ya que el mismo genera un vacío de 28kPa. La cánula tiene una longitud total de 1,65 m y un diámetro interno de 6 mm (20/22 Fr).

De las curvas anteriores (ver Figura 19) se observa que para el arreglo # 2, la curva tiende a ser más inclinada a la derecha lo que quiere decir que es la cánula que maneja más caudal y presenta caídas de presión más bajas en puntos donde las cánulas tienen una elevada pérdida de presión, esto también se atribuye al aumento del diámetro interno en el diseño de las cánulas, lo que se traduce en: a mayor diámetro interno, mayor el flujo que puede circular (o evacuar) por el conducto con caídas de presiones menores.

6. Conclusiones y recomendaciones

Se logró el diseño de dos clases de seccionadores (tipo fresas odontológicas), uno para tumores duros (huesos, tejidos calcificados, etc.) con forma en la parte activa cilíndrica, hemisférica; y otro para tejidos blandos (como por ejemplo tejidos de consistencias similares al hígado, riñón, cartílago, piel, etc.) con forma en la cabeza cilíndrica punta plana. Este proceso se desarrolló utilizando especificaciones de Normas Internacionales y Nacionales [8, 9], así como la teoría de mecánica del corte en procesos de mecanizado, más específicamente en el fresado de materiales metálicos no ferrosos (materiales ISO N), para lo cual se planteó una analogía entre los materiales a ser seccionados y estos materiales metálicos siendo la propiedad más relevante para la comparación el esfuerzo último del material (SU).

Se diseñaron mediante el uso de las técnicas de vacío y mecánica de los fluidos, dos (2) cánulas de aspiración las cuales constan de una pequeña boquilla metálica que estará en contacto directo con el paciente y una parte plástica (manguera, que es prácticamente la cánula) las cuales están unidas mediante un conector especialmente diseñado para cada arreglo de cánula. Las longitudes obtenidas para las cánulas oscilan entre los 1,65 m a los 1,84 m, manejando caudales de evacuación hasta 70 % del flujo máximo que puede extraer el eyector. Para la elaboración de las boquillas y conectores de las boquillas - cánulas se seleccionó como material, Acero Inoxidable 316L.

Se determinó la factibilidad técnica y económica del diseño definitivo del conjunto armado (microaspiradora), lográndose verificar que el mismo se puede ensamblar y construir con los materiales, equipos y mano de obra disponibles en el país por lo que, se concluye que es factible tecnológicamente. Los costos de construcción, compra de materiales y equipos ascienden a 84.788y comparándolo con un equipo neuroquirúrgico comercial el ahorro es del 86,71 %, por lo tanto se concluye que el proyecto es factible económicamente.

Se demostró de manera analítica, que los seccionadores con las cánulas de succión generan el vacío adecuado para la succión, tomando en cuenta que gracias a la microdestrucción se logrará extraer más tejido de masa tumoral, logrando así minimizar los tiempos de intervención quirúrgica por parte del neurocirujano.

Además esta investigación permite un gran avance al trabajo iniciado por Ojeda y colaborador [4], logrando así la continuidad de investigación y permitiendo desarrollar el proyecto mejorando su eficiencia.

Las recomendaciones para este trabajo son para su perfeccionamiento y variedad en el campo de aplicación el diseño de una pieza de mano cuyo elemento motriz para la resección del tumor cerebral sea controlado por un sistema de control para evitar así el uso manual del equipo.

Realizar un rediseño de las boquillas, esto es un cambio en sus dimensiones y material, para obtener una mayor longitud efectiva de trabajo y estudiar la posibilidad de fabricarlas completamente en el país.

Es aconsejable el diseño de cánulas para lipoaspiración, ya que la microaspiradora de tumores cerebrales puede transformarse en un liposuccionador.

Es conveniente hacer pruebas de campo para evaluar el funcionamiento de las cánulas y del equipo armado; esto también para verificar el

posible cambio del eyector por una bomba de vacío con mayor capacidad de aspiración.

Sería de gran utilidad diseñarle a la microaspiradora una cánula de irrigación – aspiración y a su vez adaptar la línea de irrigación, ya que, con la implementación de este fluido al sistema el personal médico se evitaría la tarea de suministrarlo de manera externa.

Realizar un manual de instrucciones de uso y mantenimiento del equipo.

Referencias

[1] A.C. Guyton. *Anatomía y fisiología del sistema nervioso: Neurociencia básica*. McGraw Hill, Interamericana, Madrid, 2 edition, 2005.

[2] A S Fauci y T R Harrison. *Principios de medicina interna: Compendio Harrison*. Mac Graw-Hill, Interamericana, Madrid, 14 edition, 1998.

[3] M B Carpenter y A Kaufman. *Neuroanatomía: Fundamentos*. Williams and Wilkins (Médica Panamericana S. A.), Buenos Aires, 4 edition, 1994.

[4] D. Ojeda, B. Gámez, J. Velasco, y R. Chacón. Diseño de una micro aspiradora para extraer tumores cerebrales. *Revista IngenieríA UC*, 14(3):24–29, 2007.

[5] A G Hansen y H Corona de Contin. *Mecánica de fluidos*. Limusa, México, 1974.

[6] Martínez B. *Diseño y construcción de un eyector de vapor*. Publicaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela, 1985.

[7] Atlas Copco. *Manual do ar comprimido*. Galea, S. A., Madrid, 4 edition, 1979.

[8] AENOR. *Norma Española UNE–EN ISO 3823–1. Instrumentos Rotatorios Dentales. Fresas. Parte 1: Fresas de Acero y Carburo*. Asociación Española de Normas y Certificación, Madrid, 1998.

[9] AENOR. *Norma Española UNE-EN ISO 10079-2. Equipo médico de aspiración. Parte 2: Equipo médico de aspiración manual (ISO 10079-2:1999)*. Asociación Española de Normas y Certificación, Madrid, 2009.